

## 文獻綜述 Literature Review

收稿日期：2025-06-16

接受日期：2025-12-05

doi：10.6729/MJN.202604\_24(2).006

# 冠心病患者非計劃再入院風險預測模型的系統評價

宋英楠<sup>1,2</sup> 張娟<sup>1</sup> 羅玲<sup>3</sup> 謝江<sup>3</sup> 陶美伊<sup>1\*</sup>

**【摘要】**目的：系統評估冠心病患者非計劃再入院風險預測模型，為相關預測模型的構建、應用和優化提供參考依據。方法：計算機檢索 Cochrane Library、PubMed、Embase、Web of Science、中國知網、維普、萬方和中國生物醫學文獻數據庫中發表的關於冠心病患者非計劃再入院風險預測模型的相關研究，檢索時限為建庫至 2025 年 4 月 10 日。由 2 位研究者獨立篩選文獻、提取資料，使用預測模型構建研究數據提取和質量評價清單對納入文獻的質量進行評價。結果：共納入 8 項研究，3 篇為模型的開發研究，5 篇為模型的開發與驗證研究。8 項文獻的模型區分度良好（AUC: 0.719–0.9773），N 末端 B 型利鈉肽前體、年齡、高血壓、住院時間、NYHA 心功能分級是冠心病患者非計劃再入院風險預測模型最常見的預測因數。所納入文獻的總體偏倚風險相對較高，但 8 個模型的適用性均較好。結論：冠心病患者非計劃再入院風險預測模型尚存在一些不足，未來應進一步提高相關模型的研究質量。

**【關鍵詞】** 冠心病 非計劃再入院 預測模型 系統評價

## A Systematic Review of Risk Prediction Models for Unplanned Readmission in Patients with Coronary Heart Disease

Yingnan Song<sup>1,2</sup> Juan Zhang<sup>1</sup> Ling Luo<sup>3</sup> Jiang Xie<sup>3</sup> Meiyi Tao<sup>1\*</sup>

**[Abstract]** Objective: To systematically evaluate risk prediction models for unplanned readmission in patients with coronary heart disease, and to provide references for the construction, application, and optimization of relevant prediction models. Methods: Computerized searches were conducted in Cochrane Library, PubMed, Embase, Web of Science, CNKI, VIP, Wanfang, and CBM databases for studies related to risk prediction models for unplanned readmission in patients with coronary heart disease, with the search period spanning from database inception to April 10, 2025. Two researchers independently screened the literature, extracted data, and evaluated the quality of the included studies using a checklist for data extraction and quality assessment of prediction model development studies. Results: A total of 8 studies were included, comprising 3 model development studies and 5 model development and validation studies. The models in the 8 studies demonstrated good discriminative performance (AUC: 0.719–0.977). NT-proBNP, age, hypertension, length of hospital stay, and NYHA functional classification were the most common predictors in the risk prediction models for unplanned readmission in patients with coronary heart disease. The overall risk of bias in the included studies was relatively high, but the applicability of all 8 models was satisfactory. Conclusion: Current risk prediction models for unplanned readmission in patients with coronary heart disease have certain limitations, and future efforts should focus on improving the quality of research on such models.

**[Key Words]** coronary heart disease unplanned readmission prediction model systematic review

\* 通訊作者 Corresponding author: 1034088163@qq.com

<sup>1</sup> 湖南師範大學醫學部 Department of Nursing, Hunan Normal University

<sup>2</sup> 澳門鏡湖護理學院 Kiang Wu Nursing College of Macau

<sup>3</sup> 湖南人民醫院 People's Hospital of Hunan Province

## 1 背景

近年來，我國心血管疾病的發病率和死亡率持續上升，據統計，冠心病患者人數約為 1,139 萬 (Zhao et al., 2019)。冠心病是由於冠狀動脈粥樣硬化導致心肌缺血、缺氧或壞死而引起的心臟病，根據其臨床表現和病理生理特點，冠心病可以分為以下幾種主要類型：無症狀性心肌缺血、心絞痛型、心肌梗死型、心力衰竭和猝死型冠心病 (Malakar et al., 2019)。隨著外科手術的不斷進步，冠心病術後死亡率下降，但是出院後再入院率仍較高。據統計，冠心病患者出院後再入院率為 8.3%~21.1%，為醫療行業帶來巨大的經濟負擔 (劉明波等，2024)。因此，早期識別再入院高風險患者並採取針對性干預措施，對於改善患者預後、優化醫療資源配置具有重要意義。風險預測模型作為一種重要的臨床決策工具，能夠整合患者的人口學特徵、臨床指標、實驗室檢查結果及社會行為因素，量化評估個體的再入院風險。近年來，國內外學者開發了多種針對冠心病患者再入院的預測模型，涵蓋 Logistic 回歸、機器學習演算法以及深度學習模型等 (Song et al., 2024; Zhang et al., 2024)。然而，這些模型在變數選擇、預測性能及臨床適用性方面存在較大差異，且部分研究存在方法學缺陷，如樣本量不足、未進行外部驗證等。目前尚缺乏對這些模型的系統性評價，難以指導臨床實踐選擇最優預測工具。鑒於此，本研究旨在系統評價冠心病患者非計劃再入院風險預測模型的開發與驗證研究，分析其預測性能、方法學品質及適用性，並探討影響模型效能的關鍵因素。以期為臨床工作者選擇合適預測工具提供依據，同時為未來研究指明方向，最終助力冠心病患者的精細化管理和再入院率的降低。

## 2 資料與方法

### 2.1 文獻檢索策略

本研究採用主題詞與自由詞相結合的檢索策略，系統檢索了以下中英文資料庫：中文資料庫包括中國知網 (CNKI)、萬方資料知識服務平臺、中國生物醫學文獻資料庫 (CBM)；英文資料庫涵蓋 PubMed、Embase、Cochrane Library 和 Web of

Science。檢索時間跨度為各資料庫建庫起始至 2025 年 4 月 10 日。中文資料庫以中國知網為例，檢索式如下：(SU='冠心病' OR SU='冠狀動脈粥樣硬化性心臟病' OR SU='急性冠脈綜合症' OR SU='心肌梗死' OR SU='心絞痛' OR TI='CAD' OR TI='CHD' OR TI='ACS' OR TI='AMI' OR AB='冠狀動脈疾病') AND (SU='再入院' OR SU='非計劃再入院' OR SU='再住院' OR TI='readmission\*' OR TI='rehospitalization\*' OR TI='再入院' OR TI='非計劃入院' OR AB='unplanned readmission') AND (SU='風險預測' OR SU='預測模型' OR SU='邏輯回歸' OR SU='機器學習' OR TI='risk prediction' OR TI='predictive model\*' OR TI='nomogram' OR TI='列線圖' OR AB='risk assessment' OR AB='machine learning' OR AB='XGBoost' OR AB='隨機森林')。英文資料庫以 PubMed 為例，檢索式如下：(("Coronary Artery Disease"[Mesh] OR "Myocardial Ischemia"[Mesh] OR "Acute Coronary Syndrome"[Mesh] OR "Myocardial Infarction"[Mesh] OR "Angina Pectoris"[Mesh] OR "coronary disease"[tiab] OR "acute coronary syndrome"[tiab] OR "myocardial infarct"[tiab] OR "angina"[tiab] OR "CAD"[tiab] OR "CHD"[tiab] OR "ACS"[tiab] OR "AMI"[tiab] OR "STEMI"[tiab] OR "NSTEMI"[tiab])) AND (("Patient Readmission"[Mesh] OR "Unplanned Readmission"[Mesh] OR "Rehospitalization"[Mesh] OR "readmission"[tiab] OR "rehospitalization"[tiab] OR "re-admission\*" [tiab] OR "unplanned admission"[tiab] OR "hospital readmission"[tiab])) AND (("Risk Assessment"[Mesh] OR "Predictive Models"[Mesh] OR "Logistic Models"[Mesh] OR "Machine Learning"[Mesh] OR "risk prediction"[tiab] OR "predictive model"[tiab] OR "risk assessment"[tiab] OR "machine learning"[tiab] OR "logistic regression"[tiab] OR "random forest"[tiab] OR "XGBoost"[tiab] OR "neural network"[tiab] OR "artificial intelligence"[tiab] OR "AI"[tiab] OR "risk score"[tiab] OR "nomogram\*" [tiab] OR "GRACE score"[tiab] OR "TIMI score"[tiab] OR "LACE index"[tiab]))。

## 2.2 文獻納入和排除標準

納入標準：① 研究對象明確診斷為冠心病且發生非計劃再入院的患者；② 研究類型包括橫斷面研究、前瞻性研究、回顧性研究、病例對照研究等；③ 研究內容涉及冠心病患者非計劃再入院風險預測模型的構建或驗證等；④ 結局指標：冠心病患者非計劃再入院的發生。排除標準：① 非中、英文發表的文獻；② 無法獲取全文的文獻；③ 綜述類、會議論文、評論等；④ 關鍵資訊缺失、資料不完整或不能提供有效資料的文獻。

## 2.3 文獻篩選與資料提取

兩名已系統掌握循證護理知識的研究人員，依據檢索所得結果，獨立開展文獻篩選工作。首先剔除重複的文獻條目，隨後通過閱讀文獻的標題及摘要進行了首輪篩選，排除明顯與研究主題不相符的文獻。隨後進一步深入閱讀全文，進行二次篩選，以確保僅納入滿足研究標準的文獻。完成納入後，

兩位研究人員相互核對篩選結果，以確保一致性；對於任何存在的分歧，則邀請第三名具備專業知識的研究人員介入，以提供協助並做出最終判斷。最終確定納入的文獻後，這兩名研究人員共同參考了預測模型研究系統評價的批判性評估框架以及資料提取指南，系統性地進行了文獻資訊的提取工作 (Moons et al., 2014)。

## 2.4 偏倚風險和適用性評價

兩名經過系統文獻評估培訓的研究人員，採用預測模型偏倚風險評估工具 (prediction model risk of bias assessment tool, PROBAST) 獨立地對文獻進行了偏倚風險及適用性的評價 (Moons et al., 2019)。依據 PROBAST 中涵蓋的四個偏倚風險和三個適用性方面，逐一完成了對每篇文獻的綜合評估，並隨後進行了深入的討論，旨在達成一致的評價結論。在出現意見分歧的情況下，會邀請第三位研究人員介入，以提供協助並做出最終判斷。

# 3 結果

## 3.1 文獻篩選流程及結果基本資料

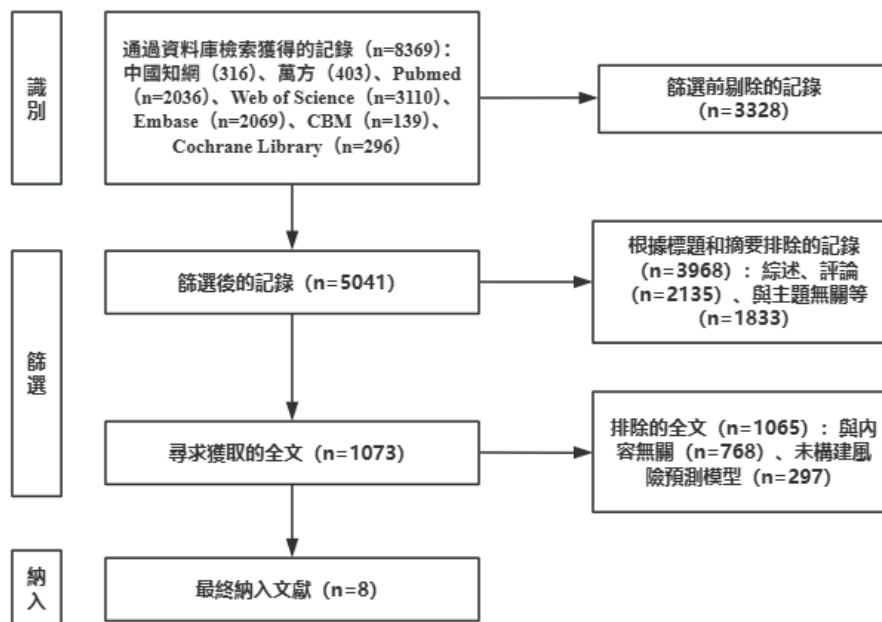


圖 1 文獻檢索流程圖

## 3.2 納入文獻的基本特徵

納入文獻的基本特徵詳見表 1。共納入 8 篇冠心病患者非計劃再入院風險預測模型的研究，8 篇文獻發表時間為 2022-2025 年。中國發表 6 篇

(朱豔美, 2023; 吳凡, 2023; 曹勛等, 2025; 韓瑞林等, 2024; 卡麗布努爾·庫爾班, 2023; 穆合太拜爾·阿瓦克力, 2022), 英文發表 2 篇 (Song et al., 2023; Xu et al., 2022)。其中 3 篇

(卡麗布努爾·庫爾班, 2023; 穆合太拜爾·阿瓦克力, 2022; Song et al., 2023) 為模型的開發研究, 5 篇 (朱豔美, 2023; 吳凡, 2023; 曹勛等, 2025; 韓瑞林等, 2024; Xu et ai., 2022) 為模型的開發與驗證研究。研究涉及類型方面, 8 篇文獻

均為回顧性研究。樣本量為 162 例到 2,460 例, 事件數在 30 例至 286 例之間, 候選變數的數量在 23 至 50 個之間。所納入的文獻均沒有報告資料缺失。

表 1 納入文獻的基本特徵 (n=8)

納入文獻	發表時間	研究對象	研究類型	樣本量		候選變數	結局	
				參與者 (例)	事件數 (例)	數量 (個)	時間長度	再入院率
Song 等 (2023)	2023	冠心病患者; 年齡 < 60 周歲	回顧性研究	834	139	45	7 天	16.67%
Xu 等 (2022)	2022	經皮冠狀動脈治療患者, 年齡 ≥ 18 周歲	回顧性研究	1348	107	33	30 天	7.94%
朱豔美 (2024)	2024	冠狀動脈旁路移植術患者; 年齡 ≥ 18 周歲	回顧性研究	342	30	26	30 天	8.77%
卡麗布努爾·庫爾班 (2023)	2023	慢性心力衰竭患者; 年齡 ≥ 18 周歲	回顧性研究	584	467	50	1 年	28.60%
曹勛等 (2025)	2025	冠狀動脈旁路移植術患者; 年齡 ≥ 18 周歲	回顧性研究	2460	99	42	30 天	4.02%
吳凡等 (2023)	2023	慢性心力衰竭患者; 年齡 ≥ 18 周歲	回顧性研究	908	286	29	6 個月	31.50%
韓瑞林等 (2024)	2024	慢性心力衰竭患者; 年齡 ≥ 18 周歲	單中心、回顧性研究	162	79	23	6 個月	48.77%
穆合太拜爾·阿瓦克力 (2022)	2022	慢性心力衰竭患者; 年齡 ≥ 18 周歲	回顧性研究	7198	259	27	31 天	3.40%

### 3.3 納入模型的建模方法

納入文獻的建模方法如表 2 所示。6 項 (卡麗布努爾·庫爾班, 2023; 朱豔美, 2023; 吳凡, 2023; 曹勛等, 2025; 韓瑞林等, 2024; 穆合太拜爾·阿瓦克力, 2022) 研究採用 Logistic 回歸方法進行建模, 1 項 (Song et al., 2023) 研究為 XGB 等 5 種方法建模, 1 項研究 (Xu et ai., 2022) 採用了 Logistic 和 LASSO 回歸建模。所有文獻均報告了受試者工作曲線下面積 (area under curve, AUC), 模型的區分度 (AUC: 0.719~0.977), 其中 4 項 (朱豔美, 2023; 吳凡, 2023; 韓瑞林等, 2024; 穆合太拜爾·阿瓦克力, 2022) 報告了特異度和靈敏度, 特異度為 81.5%~93%, 靈敏度為 53%~91.8%, 可認為模型具有較好的預測性能。1 項 (曹勛等, 2025) 研究未對模型的校準度進行評價, 2 項 (朱豔美, 2023; Song et al., 2023) 研究

採用校準曲線對模型進行評估, 5 項 (卡麗布努爾·庫爾班, 2024; 吳凡, 2023; 韓瑞林等, 2024; 穆合太拜爾·阿瓦克力, 2022; Xu et ai., 2022) 研究均採用 H-L 檢驗 (Hosmer-Lemeshow Test) 對模型進行評估。3 項 (穆合太拜爾·阿瓦克力, 2022; Song et al., 2023; Xu et ai., 2022) 研究未報告模型驗證方法, 其中有 3 項 (吳凡, 2023; 曹勛等, 2025; 韓瑞林等, 2024) 採用了內部驗證和外部驗證方法, 1 項 (卡麗布努爾·庫爾班, 2023) 研究採用了內部驗證方法, 1 項 (朱豔美, 2023) 研究採用了外部驗證方法。在模型的呈現方面, Song 等人 (2023) 用 SHAP 總結圖, 吳凡 (2023) 與朱豔美 (2023) 用回歸方程表示, 韓瑞林 (2024) 用列線圖和回歸方程表示, 其餘 4 項均採用列線圖。

表 2 納入文獻中模型的建模方法及預測因數 (n=8)

納入文獻	建模方法	驗模方法	模型性能			預測因數
			AUC	靈敏度和特異度	校準方法	
Song 等 (2023)	XGB、隨機森林、多層感知器、分類提升和 logistic 回歸	—	AUC : 0.973 AUPRC : 0.977	—	校準曲線	骨折、高血壓、住院時間、阿司匹林、D-二聚體
Xu 等 (2022)	LASSO 回歸、Logistic 回歸	—	0.735	—	H-L 檢驗 (P=0.326)	住院天數、左室射血分數、病變血管數量、高血壓、慢性肺病、貧血、肌酐
朱豔美 (2024)	Logistic 回歸	外部驗證	0.920	靈敏度：83% 特異度：93%	校準曲線	年齡≥60 歲、肥胖、周圍血管疾病史、糖尿病史、射血分數 ≤40% 以及心功能分級 4 級
卡麗布努爾·庫爾班 (2023)	Logistic 回歸	內部驗證	0.719	—	H-L 檢驗 (P=0.921)	NYHA 心功能分級、合併房顫、未服用 β 受體阻滯劑、紅細胞分佈寬度、NT-proBNP
曹勛等 (2025)	Logistic 回歸	內部驗證、外部驗證	內部：0.8206 外部：0.732	—	—	女性、年齡、頸動脈狹窄、首次 ICU 停留時間、二次入 ICU
吳凡等 (2023)	Logistic 回歸	內部驗證、外部驗證	0.903	靈敏度：91.8% 特異度：81.5%	H-L 檢驗 (P=0.635)	白蛋白、貧血、尿酸、B 型利鈉肽、CCI 評分 3~5 分、CCI 評分 6~7 分、自理能力中度依賴、自理能力重度依賴
韓瑞林等 (2024)	Logistic 回歸	內部驗證、外部驗證	0.901	靈敏度：77.1% 特異度：92.4%	H-L 檢驗 (P=0.263)	視網膜動靜脈管徑比、N 末端 B 型鈉尿肽、血紅蛋白、紅細胞分佈寬度、是否合併心臟結構、功能病變
穆合太拜爾·阿瓦克力 (2022)	Logistic 回歸	—	0.780	靈敏度：53% 特異度：90%	H-L 檢驗 (P=0.260)	NT-proBNP (>2140pg/mL)、CysC (>1.2mg/L)、尿酸 (>456μmol)、冠心病病、心功能分級 (IV 級)

註：NT-proBNP 指 N-末端 B 型利鈉肽前體 (N-terminal pro-B-type Natriuretic Peptide, NT-proBNP)、CCI 評分指查爾森合併症指數 (Charlson Comorbidity Index, CCI)、CysC 指胱抑素 C (Cystatin C, CysC)。

### 3.4 納入模型的預測因數

納入文獻中模型的預測因數見表 2。在最終納入分析的 8 個風險預測模型中，各模型包含的預測因數數量存在差異，其中最多涵蓋 8 個影響因素，最少包含 5 個。N 末端 B 型利鈉肽前體 (N-terminal pro-B-type Natriuretic Peptide, NT-proBNP) 是冠心病患者非計劃再入院風險預測模型常見的預測因素，年齡、高血壓、住院時間、NYHA 心功能分級是冠心病患者非計劃再入院風險預測

模型主要的預測因素，總體上看，8 個模型的預測因數差異性較大。

### 3.5 偏倚風險和適用性評價結果

基於 PROBAST 工具的評價結果顯示，納入研究的適用性整體表現良好 (表 3)，但各文獻間的偏倚風險存在較大差異。在研究對象領域中，6 項 (朱豔美，2023；吳凡，2023；曹勛等，2025；韓瑞林等，2024；穆合太拜爾·阿瓦克力，2022；

Xu et al., 2022) 為低風險，2 項 (卡麗布努爾·庫爾班，2023；Song et al., 2023) 為高風險；在預測因數和結局領域所納入的 8 項文獻，2 項 (Song et al., 2023；Xu et al., 2022) 處於高水準，1 項 (吳凡，2023) 在預測因數為低水準，結局領域為高水準，其餘均為低水準。在分析領域，

卡麗布努爾·庫爾班 (2023) 等人的偏倚風險處於低水準。所納入的研究在研究對象領域、預測因數領域和結局領域的適用性風險均處於較低的水準。所納入文獻的總體偏倚風險相對偏高，但 8 個模型的適用性均較好。

表 3 納入文獻的偏倚風險和適用性評價結果 (n=8)

納入文獻	偏倚風險				適用性			總體	
	研究對象	預測因數	結局	分析	研究對象	預測因數	結局	偏倚風險	適用性
Song 等 (2023)	高風險	高風險	高風險	不清楚	低風險	低風險	低風險	高風險	低風險
Xu 等 (2022)	低風險	高風險	高風險	不清楚	低風險	低風險	低風險	高風險	低風險
朱豔美 (2024)	低風險	低風險	低風險	不清楚	低風險	低風險	低風險	不清楚	低風險
卡麗布努爾·庫爾班 (2023)	高風險	低風險	低風險	低風險	低風險	低風險	低風險	高風險	低風險
曹勛等 (2025)	低風險	低風險	低風險	不清楚	低風險	低風險	低風險	低風險	低風險
吳凡等 (2023)	低風險	低風險	高風險	不清楚	低風險	低風險	低風險	高風險	低風險
韓瑞林等 (2024)	低風險	低風險	低風險	不清楚	低風險	低風險	低風險	低風險	低風險
穆合太拜爾·阿瓦克力 (2022)	低風險	低風險	低風險	不清楚	低風險	低風險	低風險	低風險	低風險

#### 4 討論

##### 4.1 NT-proBNP、年齡、高血壓、住院時間、NYHA 心功能分級是冠心病患者非計劃再入院常見的預測因素

NT-proBNP 是冠心病患者非計劃再入院風險預測模型常見的預測因素，3 項 (卡麗布努爾·庫爾班，2023；韓瑞林等，2024；穆合太拜爾·阿瓦克力，2022) 研究一致認為 NT-proBNP 是冠心病患者非計劃再入院風險預測模型的預測因數。NT-proBNP 是心室壁應力升高的敏感標誌物，能有效反映心力衰竭的嚴重程度，而心力衰竭是冠心病再入院的主要誘因之一；高水準 NT-proBNP 提示心肌缺血或隱匿性心功能不全，這些亞臨床狀態可通過啟動神經內分泌系統加劇疾病進展 (Unani et al., 2021)。此外，NT-proBNP 與肺動脈高壓、腎功能惡化等併發症密切相關，這些多器官功能障礙會顯著增加再入院風險 (Richards et al., 2001)。隨著年齡增長，動脈粥樣硬化進程加速，血管彈性下降，心肌纖維化程度加重，導致冠心病病情更為複雜，增加再入院風險；其次，老年患者常合併高血壓、糖尿病、慢性腎病等多種基礎疾病 (Zhang et al., 2024)。高血壓作為最常見的合併症，

其預測價值體現在多個層面。長期血壓控制不良可直接導致左心室肥厚和舒張功能障礙，增加心力衰竭發生風險；高血壓是動脈粥樣硬化進展的重要驅動因素，可加速冠狀動脈病變的惡化 (劉星宇，2023)。住院時間延長作為預測因數反映了疾病的嚴重性和複雜性。較長住院時間往往提示患者存在更嚴重的臨床狀況、更多併發症或需要更複雜的干預措施，這些患者出院後功能狀態通常較差，需要更長的恢復期，在此期間易發生各種併發症。此外，長期臥床可能導致肌少症和功能失調，進一步增加心血管事件風險 (Jang et al., 2020)。NYHA 心功能分級是最強有力的預測指標之一，這與心功能狀態直接決定患者臨床預後的病理生理機制一致。NYHA 分級 III-IV 級的患者存在顯著的心臟輸出功能受限和組織灌注不足，這不僅加劇心肌缺血，還易引發水鈉瀦留和電解質紊亂。嚴重心功能不全啟動神經內分泌系統，形成惡性循環，促使疾病進展和急性加重 (蒲豔等，2021)。綜上，冠心病患者非計劃再入院常見的預測因素包括 NT-proBNP、年齡、高血壓、住院時間、NYHA 心功能分級。Zhang 等人 (2024) 研究發現，年齡、性別和住院時間是冠心病患者再入院的關鍵預測因素，

進一步佐證了這些因素在冠心病再入院風險預測中的普適性，同時本研究結果為臨床冠心病患者非計劃再入院提供新的預測因數。

#### 4.2 納入模型的適用性較好但整體偏倚風險較高

本研究基於 PROBAST 對納入的 8 篇文獻進行了偏倚風險與適用性評價，結果顯示，研究整體呈現較好的適用性。納入的 8 篇文獻整體偏倚風險差異性較大。在研究對象領域中，6 項（朱豔美，2023；吳凡，2023；曹勛等，2025；韓瑞林等，2024；穆合太拜爾·阿瓦克力，2022；Xu et al., 2022）為低風險，原因為 6 篇文獻資料來源為回顧性研究，該研究涉及可能不代表模型的目標人群。在預測因數和結局領域所納入的 8 項文獻，2 項（Song et al., 2023；Xu et al., 2022）處於高水準，主要原因是未充分報告樣本量計算、缺失資料處理及模型準確度資訊。這些方法學上的不足可能影響模型的可靠性和外推性，其餘均為低水準。在分析領域，卡麗布努爾·庫爾班（2023）的偏倚風險處於低水準，表明這些研究在變數選擇和結局定義方面具有較高的一致性，為模型的構建提供了可靠的基礎；其餘均不清楚，主要是未報告預測模型的準確度資訊及資料缺失。4 項研究的偏倚風險為高風險，因在樣本量、缺失資料處理評價中，4 篇均未提及和描述。所納入的研究在研究對象領域、預測因數領域和結局領域的適用性風險均處於較低的水準。所納入文獻的總體偏倚風險相對偏高，但 8 個模型的適用性均較好。

#### 4.3 冠心病患者非計劃再入院發生率較高

納入的 8 項研究中冠心病患者非計劃再入院的發生率介於 3.60%~48.77%（259/7198~79/162），差異性較大。偏倚風險評價顯示研究間方法學品質存在明顯差異，6 項回顧性研究（朱豔美，2023；吳凡，2023；曹勛等，2025；韓瑞林等，2024；穆合太拜爾·阿瓦克力，2022；Xu et al., 2022）雖然在研究對象領域為低風險，但回顧性設計可能導致選擇偏倚，特別是當研究人群不能充分代表目標人群時，會直接影響發生率估算。而 2 項研究（Song et al., 2023；Xu et al., 2022）在預測因數和結局領域存在高風險，未報告樣本量計算和缺失資料處理方法，這些方法學缺陷可能導致發生率

估計不準確。此外，分析領域的方法學差異尤為突出，僅 1 項研究（卡麗布努爾·庫爾班，2023）在變數選擇和結局定義方面具有良好的一致性，其餘研究或未報告模型準確度資訊，或存在樣本量計算和缺失資料處理方面的缺陷，這些分析方法的不一致會顯著影響研究結果的可靠性，特別是對發生率這種需要精確測量的指標。儘管各研究在研究對象、預測因數和結局領域的適用性較好，但偏倚風險總體偏高的情況提示：發生率差異可能部分源於研究設計和執行品質的差異，而非真實的臨床差異。例如，未明確定義非計劃再入院的操作標準、隨訪時間長短不一、資料收集方法不一致等因素都可能導致發生率估算的變異。未來研究應注重標準化定義和診斷標準，採用前瞻性設計降低選擇偏倚，明確定義研究人群特徵和再入院標準，規範報告樣本量計算和缺失資料處理方法，開展多中心研究以提高結果的外部效度。

#### 4.4 局限性

納入的預測模型在研究方法、變數選擇、驗證策略等方面存在較大差異，有研究採用機器學習方法，而多數研究使用傳統 Logistic 回歸建模。不同演算法的性能比較缺乏統一標準，可能影響模型間的可比性。部分研究僅進行內部驗證，缺乏獨立外部資料集的驗證，可能高估模型性能，僅少數研究報告了靈敏度和特異度，多數文獻未提供完整的分類性能指標，限制了模型的臨床應用評估。不同研究納入的預測變數差異較大，缺乏統一的核心因素，這種不一致性可能源於資料來源或研究設計的差異，但也導致模型難以直接橫向比較或推廣。校準方法的應用不統一，部分研究甚至未報告校準結果，影響模型可靠性的評估。

#### 4.5 總結與展望

本研究系統分析了冠心病患者非計劃再入院的風險預測模型，明確了 NT-proBNP、年齡、高血壓、住院時間、NYHA 心功能分級是關鍵的預測因素。雖然納入研究的模型適用性較好，但方法學品質存在明顯差異，偏倚風險總體偏高，這在一定程度上解釋了各研究間再入院發生率（3.60%~48.77%）的顯著差異。未來研究建議從以下方面進行改進：

優先採用前瞻性研究設計，並規範報告樣本量計算、資料缺失處理和模型驗證方法，以提高研究的科學性和可靠性；此外，需要開展多中心、大樣本的研究，以增強研究結果的外部效度。最後，建議將人工智慧等新技術應用於風險預測模型的構建和驗證，同時探索更多潛在的社會心理和行為因素，以完善預測指標體系。通過這些改進，有望建立更準確、可靠的冠心病患者非計劃再入院風險預測模型，為臨床決策提供更有力的證據支援。

#### 參考文獻

- 卡麗布努爾·庫爾班。慢性心力衰竭患者非計劃再入院危險因素分析及預測模型構建[碩士論文]。新疆醫科大學。
- 朱豔美 (2024)。冠狀動脈旁路移植術後非計劃再入院風險預測模型的構建與驗證[碩士論文]。河南大學。
- 吳凡 (2023)。慢性心力衰竭患者非計劃性再入院風險預測模型構建驗證及應用研究[碩士論文]。江蘇大學。
- 曹勛、王梧圩、姜宏偉、周強、陳鑫、王睿 (2025)。單純冠狀動脈旁路移植術出院後 30 天內非計劃再入院風險預測模型的構建與驗證。《中國胸心血管外科臨床雜誌》，1-9。
- 蒲豔、潘媛媛、冉迅 (2021)。老年冠心病患者血清轉鐵蛋白水準與心電圖 QRS 波時限及心功能分級的關係。《中國老年學雜誌》，41，1125-1128。
- 劉明波、何新葉、楊曉紅、王增武 (2024)。中國心血管健康與疾病報告 2023 要點解讀。《中國心血管雜誌》，29，305-324。  
<https://doi.org/10.12114/j.issn.1007-9572.2024.0293>
- 劉星宇 (2023)。正常高值血壓人群左心室肥厚、舒張功能障礙與血壓變異性相關性研究[碩士論文]。新疆醫科大學。
- 穆合太拜爾·阿瓦克力 (2022)。慢性心力衰竭患者 31 天內非計劃性再入院危險因素分析及風險預測模型構建[碩士論文]。新疆醫科大學。
- 韓瑞林、邱小琴、黃彩獻、韋曉靜、蘭怡昕、黃蘭青 (2024)。中老年慢性心力衰竭患者 6 個月內非計劃性再入院風險預測模型的構建與驗證。《中國老年學雜誌》，44，2561-2566。
- Jang, S. J., Yeo, I., Feldman, D. N., Cheung, J. W., Minutello, R. M., Singh, H. S., Bergman, G., Wong, S. C., & Kim, L. K. (2020). Associations between hospital length of stay, 30-day readmission, and costs in ST-segment-elevation myocardial infarction after primary percutaneous coronary intervention: a nationwide readmissions database analysis. *Journal of the American Heart Association*, 9(11), e015503.  
<https://doi.org/10.1161/JAHA.119.015503>
- Malakar, A. K., Choudhury, D., Halder, B., Paul, P., Uddin, A., & Chakraborty, S. (2019). A review on coronary artery disease, its risk factors, and therapeutics. *Journal of Cellular Physiology*, 234(10), 16812-16823. <https://doi.org/10.1002/jcp.28350>
- Moons, K. G., de Groot, J. A., Bouwmeester, W., Vergouwe, Y., Mallett, S., Altman, D. G., Reitsma, J. B., & Collins, G. S. (2014). Critical appraisal and data extraction for systematic reviews of prediction modelling studies: the CHARMS checklist. *PLoS Medicine*, 11(10), e1001744.  
<https://doi.org/10.1371/journal.pmed.1001744>
- Moons, K. G. M., Wolff, R. F., Riley, R. D., Whiting, P. F., Westwood, M., Collins, G. S., Reitsma, J. B., Kleijnen, J., & Mallett, S. (2019). PROBAST: A tool to assess risk of bias and applicability of prediction model studies: explanation and elaboration. *Annals of Internal Medicine*, 170(1), W1-W33.  
<https://doi.org/10.7326/M18-1377>
- Richards, A. M., Doughty, R., Nicholls, M. G., MacMahon, S., Sharpe, N., Murphy, J., Espiner, E. A., Frampton, C., & Yandle, T. G. (2001). Plasma N-terminal pro-brain natriuretic peptide and adrenomedullin: prognostic utility and prediction of benefit from carvedilol in chronic ischemic left ventricular dysfunction. Australia-New Zealand Heart Failure Group. *Journal of the American College of Cardiology*, 37(7), 1781-1787.  
[https://doi.org/10.1016/s0735-1097\(01\)01269-4](https://doi.org/10.1016/s0735-1097(01)01269-4)
- Song, X., Tong, Y., Luo, Y., Chang, H., Gao, G., Dong, Z., Wu, X., & Tong, R. (2023). Predicting 7-day unplanned readmission in elderly patients with coronary heart disease using machine learning. *Frontiers in Cardiovascular Medicine*, 10, 1190038.  
<https://doi.org/10.3389/fcvm.2023.1190038>
- Song, X., Xian, F., Zhu, C., Luo, Y., Liu, Y., Wen, Q., & Tong, R. (2024). Established machine learning models to predict readmission for elderly patients with ischemic heart disease. *Kardiologia Polska*, 82(9), 861-869.  
<https://doi.org/10.33963/v.phj.101308>
- Udani, K., Patel, D., & Mangano, A. (2021). A retrospective study of admission NT-proBNP levels as a predictor of readmission rate, length of stay and mortality. *HCA Healthcare Journal of Medicine*, 2(3), 207-214. <https://doi.org/10.36518/2689-0216.1143>
- Xu, W., Tu, H., Xiong, X., Peng, Y., & Cheng, T. (2022). Predicting the risk of unplanned readmission at 30 days after PCI: development and validation of a new predictive nomogram. *Clinical Interventions in Aging*, 17, 1013-1023.  
<https://doi.org/10.2147/CIA.S369885>
- Zhang, Y., Zhu, X., Gao, F., & Yang, S. (2024). Systematic review and critical appraisal of prediction models for readmission in coronary artery disease patients: assessing current efficacy and future directions. *Risk Management and Healthcare Policy*, 17, 549-557. <https://doi.org/10.2147/RMHP.S451436>
- Zhao, D., Liu, J., Wang, M., Zhang, X., & Zhou, M. (2019). Epidemiology of cardiovascular disease in China: current features and implications. *Nature Reviews Cardiology*, 16(4), 203-212. <http://doi.org/10.1038/s41569-018-0119-4>